

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ МОСКОВСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра водоснабжения и водоотведения

ОЧИСТКА ПРИРОДНЫХ ВОД

*Методические указания к выполнению лабораторных работ
для обучающихся по направлению подготовки 08.03.01 Строительство по
профилю «Теплогазоснабжение, вентиляция, водоснабжение и водоотве-
дение зданий, сооружений и населенных пунктов»*

Составители А.П. Андрианов, В.А. Чухин, Р.В. Ефремов

© Национальный исследовательский
Московский государственный
строительный университет, 2020

Москва 2020

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	3
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ВОДЫ	5
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ДОЗ РЕАГЕНТОВ ПРИ КОАГУЛИРОВАНИИ ЦВЕТНЫХ ВОД В СВОБОДНОМ ОБЪЕМЕ	12
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ДОЗЫ КОАГУЛЯНТА ПРИ КОНТАКТНОМ ОСВЕЩЕНИИ ЦВЕТНОЙ ВОДЫ.....	17
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ И РАСЧЕТНЫХ ПАРАМЕТРОВ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ОТСТОЙНИКОВ.....	20
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА ФИЛЬТРУЮЩИХ ЗАГРУЗОК.....	24
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ ЗАЩИТНОГО ДЕЙСТВИЯ И ГРЯЗЕЕМКОСТИ ФИЛЬТРУЮЩЕЙ ЗАГРУЗКИ.....	27
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	30
ПРИЛОЖЕНИЯ	31

ПРЕДИСЛОВИЕ

Знание методов технологического анализа и умение применять их на практике способствует рациональному использованию водных ресурсов и повышению эффективности работы очистных сооружений, выбору эффективных методов очистки.

Из практики проектирования и эксплуатации сооружений по подготовке воды для хозяйственно-питьевого и промышленного водоснабжения вытекает необходимость технологических анализов (технологического моделирования) для обоснования выбора метода водоподготовки и определения основных расчетных параметров очистных сооружений.

Данные технологических анализов требуются также для предварительного определения условий эксплуатации и режима работы водоподготовительных установок, с последующим их уточнением в условиях промышленной эксплуатации.

Особое внимание должно быть уделено изучению физических и химических основ процессов, протекающих в сооружениях и аппаратах.

В прикладных научных исследованиях изучение основных свойств и характеристик технологического процесса производится на его моделях, то есть с помощью схемы процесса, отражающего его основные свойства.

В связи со сложностью протекающих в очистных сооружениях физических, химических и биологических процессов, соблюдение полного подобия изучаемых явлений при их технологическом моделировании весьма затруднительно. Поэтому исследование процессов очистки воды и работы очистных сооружений осуществляют в несколько стадий:

- лабораторные исследования на технологических моделях;
- полупроизводственные исследования на пилотных установках, близких по режиму работы и своим технологическим и конструктивным параметрам к промышленным сооружениям;

— производственные исследования на действующих сооружениях.

Целью лабораторных исследований на технологических моделях является изучение основных кинетических характеристик исследуемых процессов в максимально возможных на практике диапазонах изменения параметров процесса.

Основная задача технологического моделирования заключается в обеспечении возможности переноса основных количественных показателей, полученных на модели, на промышленные сооружения.

Технологическое моделирование осуществляется с соблюдением следующих основных положений:

- равенство по продолжительности процессов в природе и на модели;
- обеспечение максимальной идентичности количественного и качественного состава загрязнений при испытаниях на природе и на модели;
- равенство основных, определяющих ход процессов, гидродинамических параметров (скоростей фильтрации, продолжительности осаждения, перемешивания и т.д.);
- идентичность температурного режима;
- одинаковость технологического и гидродинамического режимов работы модели и природы.

Перед началом выполнения каждой лабораторной работы следует четко представить ее цель, усвоить теоретические основы протекающих в установке процессов и определить порядок проведения экспериментов.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ВОДЫ

Общие положения

Цель данной работы – знакомство с методами анализа основных показателей качества воды и приборами для лабораторных исследований качества воды. Основные определяемые показатели: мутность, цветность, величина рН, общая щелочность, общая жесткость, электропроводность.

1. ПОРЯДОК РАБОТЫ НА СПЕКТРОФОТОМЕТРЕ UNICO 2100

Включите спектрофотометр нажатием кнопки Ю. Дайте прибору прогреться в течение 15 мин. Кюветное отделение должно быть закрытым и пустым!

Выберите режим оптической плотности (А), нажимая кнопку MODE до тех пор, пока не загорится красный светодиод напротив соответствующего режима. Установите нужную длину волны нажатием кнопок управления длиной волны ▲ ▼.

Подготовка проб

Приготовьте холостой раствор согласно используемой методике. Заполните им кювету. Протрите кювету салфеткой, чтобы стереть отпечатки пальцев и капелек жидкости. Вставьте кювету с холостым раствором в одну из ячеек 3-х позиционного кюветодержателя таким образом, чтобы кювета оказалась на пути светового пучка. Закройте крышку. Установите значение 0,000А при помощи кнопки 0А. Отставьте кювету в сторону на случай, если вам понадобится настроить значение 0А позже.

Анализ пробы

Промойте вторую кювету небольшим количеством раствора пробы, подлежащей исследованию. Наполните кювету и вытрите ее. Поставьте кювету с пробой в отделение для проб. Закройте крышку. Снимите показате-

ния А с цифрового дисплея. С большой осторожностью переходите к следующей позиции, выдвигая ручку перемещения кюветодержателя до тех пор, пока не почувствуете, что держатель «щелкнул» при установке на место. Обязательно запишите результаты анализа для каждой пробы. Уберите кювету с пробой из кюветного отделения.

2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЦВЕТНОСТИ

Приборы, посуда, реактивы

1. Колбы мерные 1 л — 2 шт.
2. Колбы мерные 100 мл — 12 шт.
3. Колбы мерные 50 мл — 2 шт.
4. Пипетки с одной меткой на 5 мл — 1 шт.
5. Пипетки с делениями на 25 мл — 1 шт.
6. стакан мерный на 500 мл.
8. Кислота серная х.ч.
9. Государственный стандартный образец (ГСО) цветности (500°).

Приготовление растворов хром-кобальтовой шкалы цветности и установления градуировочной характеристики

Растворы хром-кобальтовой шкалы цветности готовят в следующей последовательности: в мерные колбы вместимостью 100 см³ вносят ГСО цветности водных растворов объемом, значения которого приведены в таблице П1, и доводят до метки раствором серной кислоты. Раствор серной кислоты готовят в следующей последовательности: в мерную колбу вместимостью 1000 см³, наполовину заполненную дистиллированной водой, осторожно добавляют 1 см³ концентрированной серной кислоты и доводят до метки дистиллированной водой. Срок хранения раствора — не более года.

Рассчитывают действительные значения цветности водных растворов в соответствии с инструкцией по применению ГСО с учетом его аттестованного значения.

Растворы шкалы цветности хранят в закрытой емкости в темном месте при температуре от 2 °С до 8 °С. Срок хранения растворов — не более 3 месяцев. Растворы шкалы цветности, хранившиеся в холодильнике, перед испытанием необходимо выдержать при комнатной температуре не менее 2 ч.

Для установления градуировочной характеристики измеряют оптическую плотность или коэффициент пропускания растворов хром-кобальтовой шкалы цветности при длине волны 380 нм в оптических кюветах толщиной поглощающего слоя 5 или 10 см относительно дистиллированной воды (холодная проба). Строят градуировочную характеристику в виде зависимости измеренных значений оптической плотности растворов шкалы цветности, от значений цветности по шкале цветности этих растворов, при этом коэффициент линейной корреляции должен быть не менее 0,995.

Таблица 1

Эталонная шкала цветности

Номер колб	Объем аликвоты ГСО цветности водных растворов, см³	Цветность, град
1	0	0
2	1	5
3	2	10
4	3	15
5	4	20
6	5	25
7	6	30
8	7	35
9	8	40
10	10	50
11	12	60
12	14	70

Ход определения

Измеряют оптическую плотность (коэффициент пропускания) пробы анализируемой воды, при длине волны 380 нм для хром-кобальтовой шкалы цветности в тех же кюветах, которые использовали при построении градуировочной характеристики относительно дистиллированной воды (холостая проба).

3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МУТНОСТИ ПО ФАРМАЗИНУ

Приборы, посуда, реактивы

1. Спектрофотометр
2. Кюветы с толщиной поглощающего слоя 50 мм
3. Весы лабораторные
4. Колбы мерные вместимостью 50, 100, 500, 1000 см³
5. Пипетки вместимостью 1, 2, 5, 10 см³
6. Цилиндры мерные вместимостью 100 см³
7. ГСО мутности водных растворов с аттестованным значением.

Приготовление стандартных суспензий формазина

Основную стандартную суспензию готовят из ГСО в соответствии с прилагаемой к образцу инструкцией. Для приготовления промежуточной стандартной суспензии формазина, с концентрацией 40 ЕМФ (0,04 ЕМ/см³) 50 см³ тщательно перемешанной основной стандартной суспензии формазина вносят в мерную колбу вместимостью 500 см³ и доводят до метки бидистиллированной водой (срок хранения 2 недели).

Для приготовления рабочих стандартных суспензий формазина берут 2,5–5–10–20–40–50–75–100 см³ предварительно перемешанной промежуточной суспензии формазина вносят в мерные колбы на 100 см³, доводят до метки бидистиллированной водой. Полученные рабочие стандартные суспензии имеют концентрации: 1–2–4–8–16–20–30–40 ЕМФ (рабочие растворы стабильны в течение недели).

Построение градуировочного графика

Анализ образцов для градуировки проводят в порядке возрастания их концентрации. Для построения градуировочного графика каждую искусственную смесь необходимо фотометрировать 3 раза с целью исключения случайных результатов и усреднения данных. При построении градуировочного графика по оси ординат откладывают значения оптической плотности, а по оси абсцисс — величину мутности в мг/дм³ (ЕМФ).

Ход определения

В кювету с толщиной оптического слоя 50 мм вносят тщательно перемешанную испытуемую пробу и снимают показания прибора при длине волны $\lambda = 520$ нм. При анализе пробы воды выполняют не менее двух параллельных определений. За результат анализа принимают среднее арифметическое значение двух параллельных определений

Результаты измерений выражают ЕМФ. Переход от мг/дм³ к ЕМФ осуществляется, исходя из соотношения: 1,5 мг/дм³ каолина соответствуют 2,6 ЕМФ или 1 ЕМФ соответствует 0,58 мг/дм³ по каолину.

4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ pH. ПОРЯДОК РАБОТЫ НА pH МЕТРЕ

Включите прибор клавишей ON/OFF. Прибор автоматически перейдет в режим измерения pH.

Снимите защитный колпачок. Небольшой налет соли на поверхности электрода вполне допустим. Просто смойте его дистиллированной водой.

Перед каждым измерением промывать электрод. Лучше для этого использовать свободное количество измеряемого образца (всегда старайтесь использовать две порции образца: одна для ополаскивания, другая для измерения). Если производится ряд измерений в различных образцах, в промежутках между пробами рекомендуется споласкивать электрод и термодатчик дистиллированной водой и промокнуть фильтровальной бумагой.

Для измерения рН погрузите рН-электрод и термодатчик в тестируемую пробу на глубину примерно 4 см. Подождите 1-2 минуты для стабилизации электрода. Значение рН появится в центре дисплея. Справа появится значение температуры.

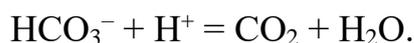
Если уровень электролита опустился более чем на 1 см от заливного отверстия, его необходимо долить.

5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЩЕЙ ЩЕЛОЧНОСТИ

Общая щелочность воды обусловлена присутствием ионов OH^- , CO_3^{2-} , HCO_3^- . Ионы OH^- и CO_3^{2-} титруют соляной кислотой в присутствии индикатора фенолфталеина (при рН = 8,6). Они обуславливают щелочность воды по фенолфталеину. При титровании воды соляной кислотой в присутствии фенолфталеина протекают следующие реакции:



Ионы HCO_3^- титруют соляной кислотой в присутствии индикатора метилового оранжевого (при рН = 8,6). Протекающую при этом реакцию можно выразить уравнением:



Если щелочность по фенолфталеину равна нулю, то общая щелочность обусловлена присутствием только бикарбонатов HCO_3^- .

Реактивы

1. Соляная кислота — 0,1 н. раствор (готовят из фиксанала);
2. Метилоранжевый — 0,1 %-й раствор (1 г метилового оранжевого растворяют в 1 л дистиллированной воды);
3. Фенолфталеин — 0,5 %-й раствор спиртовой (0,5 г фенолфталеина растворяют в 50 мл 96 %-го этилового спирта и приливают 50 мл дистиллированной воды). В раствор по каплям добавляют 0,02 н. раствор NaOH до появления розовой окраски.

Ход определения

К 100 мл исследуемой воды, отмеренной цилиндром в коническую колбу на 200 мл, добавляют 2–3 капли раствора фенолфталеина. Если появится розовая окраска, воду титруют 0,1 н. раствором соляной кислоты до обесцвечивания. Затем в ту же пробу добавляют 2–3 капли раствора метилового оранжевого и продолжают титровать 0,1 н. раствором соляной кислоты до перехода окраски из желтой в розовую. Записывают объем 0,1 н. раствора соляной кислоты, израсходованный на титрование с фенолфталеином, и общий объем 0,1 н. раствора соляной кислоты, израсходованный на все титрование. Общую щелочность воды $\text{Щ}_{\text{общ}}$, мг-экв/л, вычисляют по формуле:

$$\text{Щ}_{\text{общ}} = \frac{v \cdot N \cdot 1000}{v_1}, \quad (1)$$

где v — объем раствора соляной кислоты, израсходованный на титрование взятого объема исследуемой воды, мл;

v_1 — объем пробы воды, мл;

N — нормальность раствора соляной кислоты.

В качестве промежуточной расчетной величины вычисляют щелочность по фенолфталеину $\text{Щ}_{\text{ф}}$, мг-экв/л:

$$\text{Щ}_{\text{ф}} = \frac{v_2 \cdot N \cdot 1000}{v_1}, \quad (2)$$

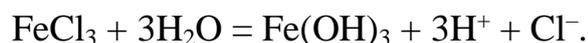
где v_2 — объем раствора соляной кислоты, пошедшей на титрование с фенолфталеином, мл.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

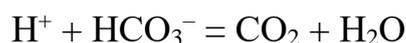
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ДОЗ РЕАГЕНТОВ ПРИ КОАГУЛИРОВАНИИ ЦВЕТНЫХ ВОД В СВОБОДНОМ ОБЪЕМЕ

Общие положения

Сущность очистки воды коагулированием в свободном объеме заключается в сорбции частиц загрязнений на поверхности гидроокисей с последующим удалением отработанного сорбента. Гидроокиси-сорбенты образуются в результате гидролиза коагулянтов (солей многовалентных металлов) при добавлении их в обрабатываемую воду:



Необходимым условием полного протекания гидролиза является удаление из сферы реакции ионов H^+ , накопление которых в результате диссоциации образующихся кислот тормозит гидролиз. Эту роль выполняют бикарбонатные ионы HCO_3^- , присутствующие, как правило, в природных водах и определяющие их щелочность:



Максимальная доза коагулянта $D_{\text{к}}'$, мг/л, для которой исходный щелочной резерв обрабатываемой воды достаточен, определяется из следующих соотношений:

для сернокислого алюминия ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$)

$$D_{\text{к}}' = 57(\text{Щ} - 0,5); \quad (3)$$

для хлорного железа (FeCl_3)

$$D_{\text{к}}' = 54(\text{Щ} - 0,5), \quad (4)$$

где Щ — щелочность исходной воды, мг-экв/л;

57 и 54 — соответственно эквивалентная масса сернокислого алюминия и хлорного железа, считая по безводному продукту, мг/мг-экв.

Начиная с того момента, когда естественный щелочной резерв исчерпан ($D_{\text{к}} > D_{\text{к}}'$), воду необходимо подщелачивать раствором извести. Доза

известии $D_{и}$, мг/л, необходимая для подщелачивания, определяется по формулам:

для сернокислого алюминия:

$$D_{и} = 28(D_{к}/57 - Щ + 0,5); \quad (5)$$

для хлорного железа:

$$D_{и} = 28(D_{к}/54 - Щ + 0,5), \quad (6)$$

где 28 — эквивалентная масса известии (по CaO), мг/мг-экв.

Если величина $D_{и} \leq 0$, то подщелачивание не требуется.

Оптимальной дозой реагента называют ту наименьшую дозу безводного вещества, увеличение которой уже не приводит к существенному улучшению эффекта удаления загрязнений (рис. 1).

Оптимальная доза коагулянта при очистке цветных вод зависит в существенной степени от величины и природы цветности, а также от значений щелочности, pH и температуры воды.

Расход коагулянта при обработке цветных вод можно значительно уменьшить, если перед вводом коагулянта воду обработать хлором (предварительное хлорирование) или другим окислителем.

При хлорировании разрушаются гумусовые вещества, стабилизирующие неорганические суспензии (гидроокись железа, взвешенные частицы мутности) и препятствующие их слипанию и осадению. Это способствует улучшению процесса коагулирования и снижению оптимальной дозы коагулянта. Последняя определяется экспериментально методом пробного коагулирования.

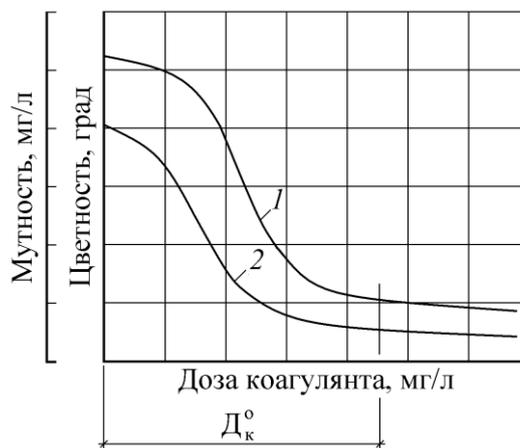


Рис. 1. График зависимости мутности и цветности воды от дозы коагулянта:
1 — $M = f(D_{к})$; 2 — $C = f(D_{к})$

Реактивы, приборы, посуда

1. Спектрофотометр UNICO 2100.

2. рН-метр.
3. Флокулятор «Floculator SW6».
4. Цилиндры стеклянные 500 мл — 7 шт.
5. Палочки стеклянные или полиэтиленовые.
6. Колбы конические (стеклянные или полиэтиленовые) 500 мл — 7 шт.
7. Воронки полиэтиленовые — 7 шт.
8. Бумажные фильтры — «белая» лента.
9. Сифон из стеклянных трубок и силиконовой трубки (см. рис. 2).
10. Колбы конические стеклянные (для титрования) 250 мл.
11. Груши-спринцовки медицинские с мягким носиком.
12. Емкость для хранения имитата цветных вод (ведро или таз).
13. Кружка фарфоровая или полиэтиленовая на 500 мл.
14. Посуда мерная: пипетки 10 мл с делениями на полный слив, бюретка 25 мл с оливой, цилиндры мерные на 100 мл, стаканы мерные на 250 мл с делениями.
15. Сульфат алюминия х.ч. или ч.д.а. (1 %-й раствор). Навеску в 19,5 г $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$, соответствующую 10 г безводного сульфата алюминия, помещают в мерную колбу емкостью 1000 мл, растворяют при нагревании в 300...500 мл дистиллированной воды, охлаждают и доводят до метки дистиллированной водой.
16. Гидроокись кальция — 0,1 %-й раствор. 1 г предварительно прокаленной при 900 °С в течение 5 ч окиси кальция растирают в ступке и смывают кипящей дистиллированной водой в мерную колбу емкостью 1000 мл, по охлаждению (в закрытой колбе) доводят до метки дистиллированной водой. Хранят в полиэтиленовой посуде в темноте, закрыв пробкой с резиновой прокладкой.
17. Хлорная вода, содержащая 0,1 % свободного хлора: 2,86 г хлорной извести растворяют в 1 л дистиллированной воды.
18. Торфяная вытяжка для приготовления имитата природных вод (см. приложение 2).

19. Реактивы для определения щелочности (метилоранж, соляная кислота 0,1 н.).

Ход определения оптимальной дозы коагулянта для обработки цветных вод

В исходной воде определяют цветность (с помощью спектрофотометра), щелочность, рН.

По формулам (5) или (6) определяют требуемую дозу извести в соответствие с вводимой в этот цилиндр дозой коагулянта. Затем в семь цилиндров наливают по 0,5 л воды и в каждый цилиндр вводят дозу извести (в виде раствора концентрацией 1 мг/мл), после этого — раствор коагулянта (концентрация 10 мг/мл) в количестве, соответствующем данной дозе коагулянта (например, по табл. 2). После содержимое каждого цилиндра переливают в пластиковый стакан для перемешивания на флокуляторе.

Таблица 2

Количество коагулянта, вводимого в цилиндры для определения оптимальной дозы

Номер цилиндра	Доза коагулянта (по $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$), мг/л	Количество 1 %-го раствора коагулянта, добавляемое в цилиндр, мл
1	10	1,0
2	20	2,0
3	30	3,0
4	40	4,0
5	50	5,0
6	60	6,0
7	70	7,0

Содержимое стаканов перемешивают на флокуляторе быстро в течение 1 мин. (150 об/мин), а затем медленно (30...40 об/мин) в течение 3–5 мин.

После перемешивания, содержимое стаканов переливают в цилиндры и оставляют в покое для отстаивания на 1–2 ч. Время введения коагулянта

заносят в лабораторный журнал. В процессе отстаивания ведут наблюдения за хлопьеобразованием и осаждением. Время полного осаждения хлопьев также отмечают в журнале. После отстаивания из каждого цилиндра декантируют 200–250 мл осветленного раствора в промежуточные колбы, откуда порциями переносят на фильтр, не доливая 1 см до краев фильтра. Фильтруют через бумажный фильтр в семь конических колб емкостью 500 мл. В фильтрате определяют цветность, рН и щелочность. При этом для определения щелочности должно остаться не менее 100 мл пробы. Для этого целесообразно использовать воду после определения рН. Результаты определений записывают в форму табл. 3.

Таблица 3

Экспериментальные данные по определению оптимальной дозы коагулянта

Номер цилиндра	Показатели качества исходной воды			Доза коагулянта Д _к , мг/л	Доза хлора, мг/л	Время, мин		Показатели качества воды в фильтрате			Оптимальная доза коагулянта Д _к , мг/л		Наименование коагулянта
	цветность, град	щелочность Щ, мг-экв/л	рН			введения коагулянта Т ₁	полного осаждения Т ₂	цветность Ц, град	щелочность Щ, мг-экв/л	рН	без прехлорирования	с прехлорированием	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14

По данным табл. 3 строят графики зависимостей цветности, щелочности и времени полного оседания хлопьев от дозы коагулянта:

$$\text{Ц} = f(D_{\text{к}}); \quad \text{Щ} = f(D_{\text{к}}); \quad \text{pH} = f(D_{\text{к}}).$$

По графику функции $\text{Ц} = f(D_{\text{к}})$ определяют оптимальную дозу коагулянта $D_{\text{к}}^{\circ}$ и соответствующую ей цветность Ц° . Щелочность Щ_0 и водородный показатель, соответствующие $D_{\text{к}}^{\circ}$, определяют из графиков $\text{Щ} = f(D_{\text{к}})$ и $\text{pH} = f(D_{\text{к}})$.

После этого приступают к определению оптимальной дозы коагулянта с предварительным хлорированием. Ход определения повторяют, но перед вводом коагулянта в цилиндры добавляют по 2,5 мл хлорной воды с содержанием активного хлора 1,0 мг/мл (доза хлора 5 мг/л).

Дальнейший порядок действий аналогичен описанному выше. Оптимальную дозу коагулянта при коагулировании с предварительным хлорированием и соответствующие ей Щ_0 и pH записывают в графу 13 табл. 3.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ДОЗЫ КОАГУЛЯНТА ПРИ КОНТАКТНОМ ОСВЕЩЕНИИ ЦВЕТНОЙ ВОДЫ

Общие положения

Контактная коагуляция, т.е. прилипание частиц к поверхности зернистого материала, является разновидностью коагуляционного взаимодействия разнородных частиц. Однако по характеру своего протекания контактная коагуляция имеет ряд важных отличительных особенностей по сравнению с коагуляцией в свободном объеме. Одна из них заключается в том, что доза коагулянта, ещё недостаточная для коагуляции мелких частиц, оказывается достаточной для интенсивного прилипания мелких частиц к крупным.

Процесс контактной коагуляции протекает наиболее полно на первой стадии коагуляции — перикинетической, т.е. сразу же после гидролиза, когда образованы лишь микроагрегаты частиц. Дальнейшее их укрупнение на стадии ортокинетической коагуляции ухудшает процесс прилипания к поверхности зернистого материала.

Реактивы, приборы, посуда

1. Спектрофотометр UNICO 2100.
2. рН-метр.
3. Цилиндр стеклянный на 500 мл.
4. Колбы конические (стеклянные или полиэтиленовые) 500 мл — 14 шт.
5. Воронки полиэтиленовые — 7 шт.
6. Бумажные фильтры — «белая» лента.
7. Колбы конические стеклянные (для титрования) 250 мл.
8. Груши-спринцовки медицинские с мягким носиком.
9. Емкость для хранения имитата цветных вод (ведро или таз).
10. Кружка фарфоровая или полиэтиленовая на 500 мл.
11. Посуда мерная: пипетки 10 мл с делениями на полный слив, бюретки 25 мл с оливой, цилиндры мерные на 100 мл, стаканы мерные на 0,25 л с делениями.
12. Сульфат алюминия х.ч. или ч.д.а. (1 %-й раствор). Навеску в 19,5 г $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$, соответствующую 10 г безводного сульфата алюминия, помещают в мерную колбу емкостью 1000 мл, растворяют при нагревании в 300...500 мл дистиллированной воды, охлаждают и доводят до метки дистиллированной водой. Хранят в склянке из темного стекла с притертой или резиновой пробкой.
13. Торфяная вытяжка для приготовления имитата природных вод (см. приложение 2).

14. Реактивы для определения щелочности (метилоранж, соляная кислота 0,1 н.).

Ход определения оптимальной дозы коагулянта для обесцвечивания воды на контактных осветителях

В семь конических колб наливают цилиндром по 0,5 л исследуемой воды. Затем в приготовленные пробы вводят дозы коагулянта в интервале, охватывающем предполагаемую оптимальную дозу, через 10–20 мг/л, например по табл. 2.

Пробы воды смешивают десятикратным опрокидыванием колб и сразу фильтруют через промытые бумажные фильтры типа «синяя» или «белая» лента. В фильтрате определяют цветность и рН.

Результаты представляют в виде табл. 4, по которой строят график зависимости цветности фильтрата от дозы коагулянта $C = f(D_k)$. По графику определяют оптимальную дозу коагулянта (начало участка кривой, на котором качество фильтрата практически не зависит от дозы коагулянта).

Таблица 4

Экспериментальные данные для определения оптимальной дозы коагулянта

Номер цилиндра	Показатели в исходной воде			Доза коагулянта D_k , мг/л	Показатели в фильтрате			Наименование коагулянта	Примечания
	цветность, град	щелочность, мг-экв/л	рН		цветность C , град	щелочность, мг-экв/л	рН		
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ И РАСЧЕТНЫХ ПАРАМЕТРОВ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ОТСТОЙНИКОВ

Общие положения

В основе расчета проектируемых, а также оценки работы действующих горизонтальных отстойников лежат скорость осаждения естественной или коагулированной взвеси u_0 (гидравлическая крупность), а также осаждаемость этой взвеси (или эффект осаждения) P .

Гидравлическая крупность взвеси u_0 , мм/с, выпадающей в осадок из слоя воды высотой h , мм, за время t , с, определяется выражением

$$u_0 = h / t_i, \quad (7)$$

где $i = 1, 2, 3 \dots, n$ — номера исследуемых проб.

Осаждаемость взвеси представляет собой отношение веса выпавшего осадка к количеству взвеси в воде, поступающей на отстаивание:

$$P_i = \frac{WM_{\text{исх}} - WM_i}{WM_{\text{исх}}} \cdot 100, \quad (8)$$

где W — объем исследуемой пробы воды, отобранной в цилиндре из верхнего слоя высотой h , мм, л;

$M_{\text{исх}}$ — мутность исходной воды, мг/л;

M_i — мутность воды в исследуемой пробе объемом W после выпадения взвеси в течение времени t_i , мг/л.

Для расчетов пользуются формулой:

$$P_i = \frac{M_{\text{исх}} - M_i}{M_{\text{исх}}} \cdot 100. \quad (9)$$

Зависимость количества взвешенных веществ P , выпавших в осадок, от гидравлической крупности u_0 дает полное представление об осаждении и может быть выражена кривой выпадения взвеси:

$$P = f(u_0) = f(h/t) \quad (10)$$

Методика моделирования процесса осаждения основана на подобию кривых выпадения взвеси для различных высот столба исследуемой воды. Задачей лабораторных определений является построение кривой осаждения взвеси с целью определения гидравлической крупности u_0 и времени пребывания воды в отстойнике для заданного эффекта осаждения $P_{\text{расч}}$.

При расчете горизонтальных отстойников в соответствии со СП 31.13330.2012. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения (актуализированная редакция СНиП 2.04.02-84*) гидравлическая крупность u_0 необходима для расчета площади горизонтальных отстойников F , а также их длины L .

Реактивы, приборы, посуда

1. Спектрофотометр UNICO 2100.
2. Флокулятор «Floculator SW6».
3. Цилиндры стеклянные 500 мл — 5 шт.
4. Палочки стеклянные или полиэтиленовые.
5. Сифон из стеклянных трубок и силиконовой трубки (рис. 2).
6. Груша-спринцовка медицинская с мягким носиком.
7. Емкость для хранения имитата мутных вод (ведро или таз).
8. Кружка фарфоровая и полиэтиленовая на 0,5 л.
9. Стакан мерный на 250 мл с делениями.
10. Суспензия мела для приготовления имитата мутных природных вод (приложение 2).

Ход определения параметров горизонтальных отстойников

В исследуемой воде, содержащей естественную взвесь, определяют количество взвешенных веществ (мутность).

Пять цилиндров ($n = 5$) заполняют исследуемой водой в количестве по 0,5–1,0 л в зависимости от емкости цилиндра и оставляют для отстаивания. Время отстаивания для всех цилиндров различно (табл. 5).

По истечении заданного для каждого цилиндра времени отстаивания верхний слой воды на глубину h , см, соответствующую объему 100 мл, декантируют в коническую колбу (см. рис. 2), и определяют в этой пробе содержание взвешенных веществ (мутность).

Таблица 5

Продолжительность отстаивания воды в цилиндрах

Номер цилиндра	Время отстаивания, мин
1	15
2	30
3	45
4	60
5	75

Осаждаемость взвеси (P) для каждого цилиндра рассчитывают по формуле (9), гидравлическую крупность u_0 — по формуле (7). Результаты сводят в табл. 6.

По данным табл. 5 строят кривые выпадения взвеси $P_i = f(t_i)$ и $P_i = f(u_0)$, $i = 1, 2, \dots, 5$, по которым определяют гидравлическую крупность u_0 , соответствующую требуемому эффекту осаждения $P_{расч}$. Характер кривых показан на рис. 3 и 4.

Аналогичные опыты проводят для воды, обработанной коагулянтом. Для этого, по методике, приведенной в работе №1, определяют оптимальную дозу коагулянта. В цилиндры добавляют коагулянт в количестве, соответствующем найденной оптимальной дозе, воду быстро перемешивают на флокуляторе в течение 15...20 с, а затем медленно (30...40 об/мин) в течение 3–5 мин.

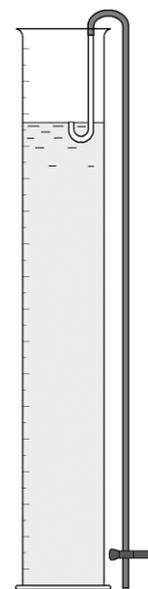


Рис. 2. Цилиндр с сифоном для декантирования

Заданный процент осаждения взвеси рассчитывают по формуле:

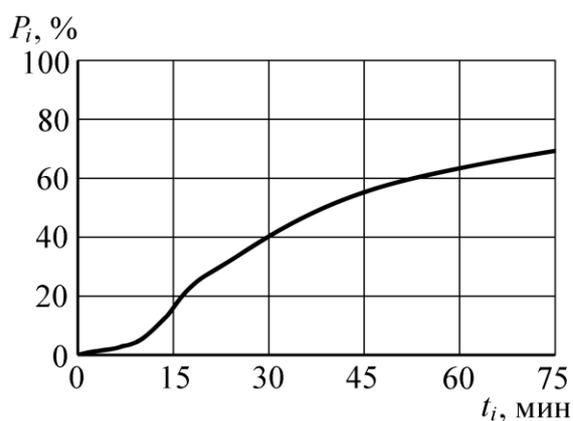
$$P_{\text{рас}} = \frac{M_{\text{исх}} - M_{\text{ост}}}{M_{\text{исх}}} \cdot 100\% , \quad (11)$$

где $M_{\text{ост}}$ — допустимая остаточная мутность в отстоенной воде, которую принимают равной 8–12 мг/л.

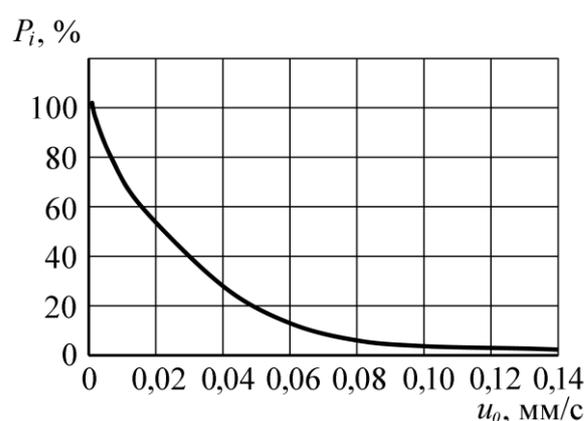
Таблица 6

Экспериментальные данные для построения кривой выпадения взвеси

Номер цилиндра	Мутность исходной воды $M_{\text{исх}}$, мг/л	Время отстаивания, t_i , мин	Мутность после отстаивания $M_{\text{ост}}$, мг/л	Осаждаемость взвеси, %	Гидравлическая крупность, мм/с
1		15			
2		30			
3		45			
4		60			
5		75			



а)



б)

Рис. 3. График зависимости количества выпавших в осадок взвешенных веществ от времени отстаивания (а) и гидравлической крупности выпавшей на данный момент взвеси (б) для воды, не обработанной коагулянтном

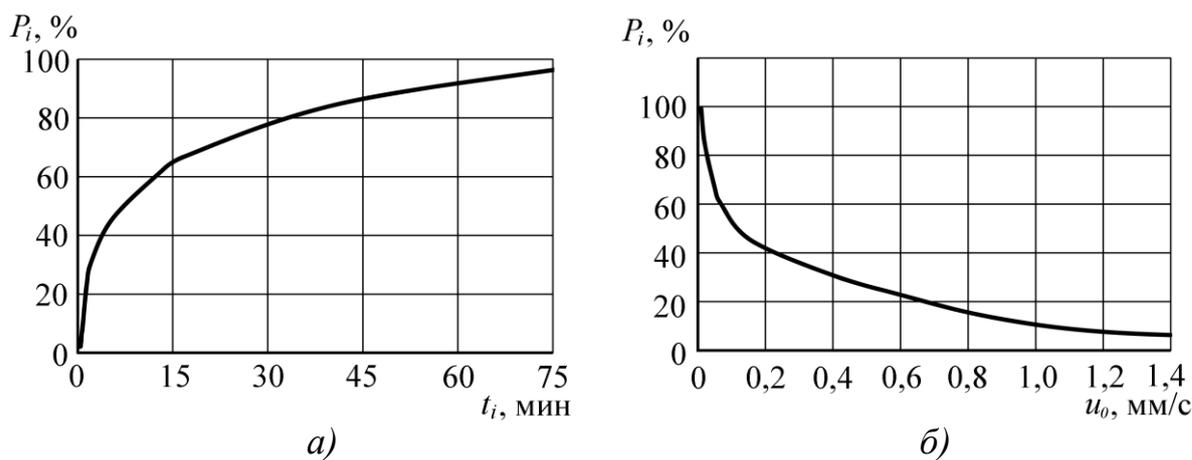


Рис. 4. График зависимости количества выпавших в осадок взвешенных веществ от времени отстаивания (а) и гидравлической крупности выпавшей на данный момент взвеси (б) для воды, обработанной коагулянтном

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА ФИЛЬТРУЮЩИХ ЗАГРУЗОК

Общие положения

Правильный подбор фракционного состава и степени неоднородности фильтрующего материала имеет большое значение для нормальной работы фильтров. Отклонение гранулометрического состава загрузки от надлежащего ведет к увеличению расхода промывной воды, сокращению межпромывочного периода работы фильтра, к увеличению эксплуатационных затрат на водоподготовку.

Имея набор калиброванных сит, можно определить следующие основные параметры; характеризующие гранулометрический состав фильтрующей загрузки:

1) эквивалентный диаметр зерен $d_{\text{эКВ}}$, мм, который равен:

$$d_{\text{эКВ}} = \frac{100}{\sum \frac{P_i}{d_k}}, \quad (12)$$

где $i = 1, 2, 3, \dots, n$ — номер сита;

P_i' — количество материала рассеиваемой пробы, оставшееся на сите калибром d_k , %;

n — количество сит в наборе;

2) коэффициент неоднородности фильтрующей загрузки, равный

$$K_n = d_{80} / d_{10}, \quad (13)$$

где d_{80} — калибр сита, через которое прошло 80 % фильтрующего материала;

d_{10} — калибр сита, через которое прошло 10 % фильтрующего материала.

Приборы, аппараты

1. Набор калиброванных сит $d_k = 0,5-2,0$ мм (число сит не менее 5).
2. Загрузка из кварцевого песка (1,5 кг).
3. Весы аналитические.
4. Весы технические.
5. Сушильный шкаф, обеспечивающий температуру 105 °С.

Ход определения параметров фильтрующей загрузки

На технических весах взвешивают 300 г фильтрующей загрузки и помещают её в сушильный шкаф для высушивания при температуре 105 °С до постоянного веса. Из высушенной пробы для ситового анализа отбирают навеску 200 г, взвешивая её с точностью до 0,01 г. Затем производят рассев этой навески на калиброванных ситах с диаметрами отверстий 0,5–2,0 мм.

Материал, оставшийся на сите каждого калибра, взвешивают.

Результаты ситового анализа сводят в табл. 7. Пример записи результатов анализа приведен там же.

Эквивалентный диаметр находят по формуле (12). Для данного примера:

$$d_{\text{экв}} = \frac{100}{\frac{1,1}{1,52} + \frac{3,2}{1,31} + \frac{5,5}{1,1} + \frac{39,1}{0,92} + \frac{41,8}{0,7} + \frac{8,3}{0,51}} = 0,79 \text{ мм} \quad (14)$$

По данным табл. 7 строят график в координатах: калибр сита (абсцисса) — количество песка, прошедшего через сито (ордината) — рис. 5. Определяя по графику значение d_{80} и d_{10} , вычисляют коэффициент неоднородности K_H по формуле (13).

Таблица 7

**Экспериментальные результаты ситового анализа
фильтрующей загрузки**

Калибр сита d_k , мм	Остаток на сите P_i'		Количество материала, прошедшее через сито P_i'		d_{10} , мм	d_{80} , мм	K_H
	г	%	г	%			
1,52	2,2	1,1	197,8	98,9	0,72	1,08	1,5
1,31	6,4	3,2	191,4	95,7			
1,10	11,0	5,5	180,4	90,2			
0,92	78,3	39,1	102,1	51,1			
0,70	83,5	41,8	18,6	9,3			
0,51	16,6	8,3	2,0	1,0			
	198,0	99,0					

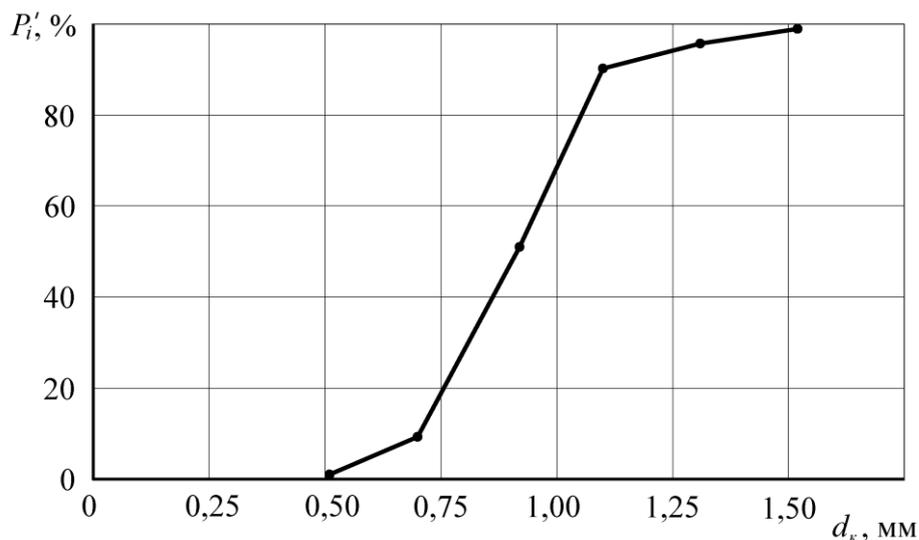


Рис. 5. График ситового анализа фильтрующей загрузки

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ ЗАЩИТНОГО ДЕЙСТВИЯ И ГРЯЗЕЕМКОСТИ ФИЛЬТРУЮЩЕЙ ЗАГРУЗКИ

Общие положения

В процессе фильтрования наступает момент, когда задерживаемая способность фильтрующей загрузки становится уже недостаточной для обеспечения требуемой степени осветления воды. С этого момента содержание взвешенных веществ в фильтрате начинает резко возрастать. Изменение концентрации взвешенных веществ на выходе из фильтрующей загрузки характеризуется выходными кривыми $M = f(t)$ (рис. 7). Время, в течение которого фильтрующая загрузка в состоянии снижать концентрацию взвешенных веществ в осветляемой воде до требуемых норм, называется продолжительностью защитного действия загрузки t_3 .

Грязеёмкость загрузки Γ , г/м³, представляет собой отношение количества взвешенных веществ, задержанных фильтрующей загрузкой за время t_3 , к объёму фильтрующей загрузки:

$$\Gamma = \frac{(M_{\text{исх}} - M_{\text{ф}}^{\text{ср}}) \cdot W_{\text{ф}}}{V_3} \quad (15)$$

где $M_{\text{исх}}$ – мутность воды, поступающей на фильтрование, г/м³; $M_{\text{ф}}^{\text{ср}}$ – средняя мутность фильтрата, г/м³; $W_{\text{ф}}$ – объём фильтрата, накопленный за время t_3 , м³; V_3 – объём загрузки, м³.

Аппараты, приборы, посуда

1. Установка лабораторная с моделью фильтра ($d_{\text{ф}} = 50$ мм; $h_{\text{ф}} = 1,0$ м; $h_3 = 0,5$ м) – 1 шт.
2. Колбы конические 250 или 500 мл – 4 шт.
3. Цилиндр мерный стеклянный на 100 или 200 мл.
4. Секундомер.

5. Спектрофотометр UNICO 2100.
6. Сборный бак.
7. Емкость для хранения имитата мутных вод (ведро или таз).
8. Кружка фарфоровая и полиэтиленовая на 0,5 л.
9. Суспензия мела для приготовления имитата мутных природных вод (приложение 4).

Ход определения параметров работы фильтров

Схема лабораторной установки с моделью фильтра показана на рис. 6. Вода из бака исходной воды **1** подается насосом **2** через бачок для поддержания постоянного уровня **3** в модель фильтра **4**, излишки воды сливаются обратно в бак. Фильтрат поступает в сборный бак **5**. Потери напора контролируются по двум пьезометрам **6**.

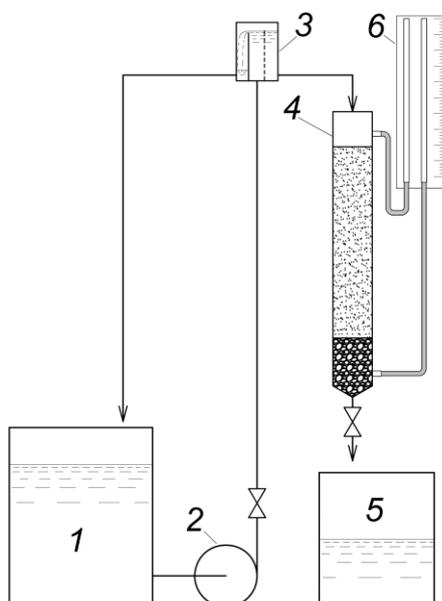


Рис. 6. Схема лабораторной установки:

1 – бак исходной воды; 2 – насос; 3 – бачок для поддержания постоянного уровня; 4 – модель фильтра; 5 – сборный бак фильтрата; 6 – пьезометры

В исследуемой воде определяют мутность $M_{исх}$. Затем воду пропускают через модель фильтра диаметром d_{ϕ} и высотой загрузки h . Скорость

фильтрования поддерживают в пределах 5–6 м/ч. Для измерения скорости пользуются мерным цилиндром и секундомером. Объем фильтрата, соответствующий скорости фильтрования 5 м/ч, составит: $8,33 \cdot F$ мл/мин (F – площадь фильтрования, для колонки диаметром 5 см – $19,6 \text{ см}^2$).

Фильтрат собирают в мерный бак, определяя мутность в профильтрованной воде через каждые 15 мин. Результаты определения записывают в табл. 8. По этим данным строят выходную кривую $M_{\phi} = f(t)$, по которой определяют время защитного действия загрузки t_3 (см. рис. 7). Грязеёмкость загрузки рассчитывают по формуле (14), предварительно замерив объем фильтрата W_{ϕ} и определив в нем усредненную мутность M_{ϕ}^{cp} .

Таблица 8

Экспериментальные данные для построения выходной кривой

Время работы фильтра t , мин	Мутность фильтрата M_{ϕ} , мг/л
15	
30	
45	
60	

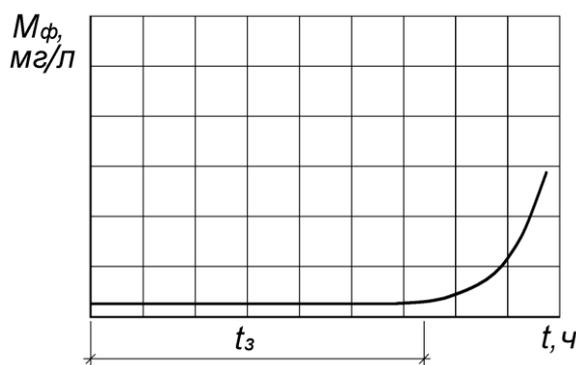


Рис. 7. Зависимость концентрации взвеси в фильтрате от времени фильтрования

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности «Водоснабжение и водоотведение» направления подготовки дипломированных специалистов «Строительство» : в 3-х т. / М. Г. Журба, Л. И. Соколов, Ж. М. Говорова ; науч.-метод. рук-во и общ. ред. М. Г. Журбы. – 3-е изд., доп. и перераб. – Т. 2 : Очистка и кондиционирование природных вод. Москва : АСВ, 2010. 551 с.

Орлов В.А. Водоснабжение : учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по программе бакалавриата по направлению подготовки 08.03.01 (270800) «Строительство» (профиль «Водоснабжение и водоотведение») / В.А. Орлов, Л.А. Квитка. Москва : ИНФРА-М, 2015. 435 с.

Павлинова И.И. Водоснабжение и водоотведение: учебник для бакалавров / И. И. Павлинова, В. И. Баженов, И. Г. Губий – 4-е изд., перераб. и доп. Москва : Юрайт, 2013. 472 с.

Фрог Б.Н. Водоподготовка : учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по программе бакалавриата по направлению подготовки 270800 – «Строительство» (профиль «Водоснабжение и водоотведение») / Б.Н. Фрог, А.Г. Первов. Москва : АСВ, 2014. 500 с.

Григорьева Л.С. Физико-химическая оценка качества и водоподготовка природных вод : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки 270100 «Строительство», специальности 270112 «Водоснабжение и водоотведение». Москва : Изд-во АСВ, 2011. 152 с.

СанПиН 2.1.4.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Москва : Госкомсанэпиднадзор России, 2001.

СП 31.13330.2012. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения (актуализированная редакция СНиП 2.04.02-84*). Москва : Минстрой России, 2015.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

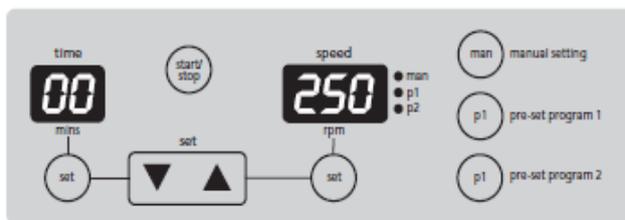
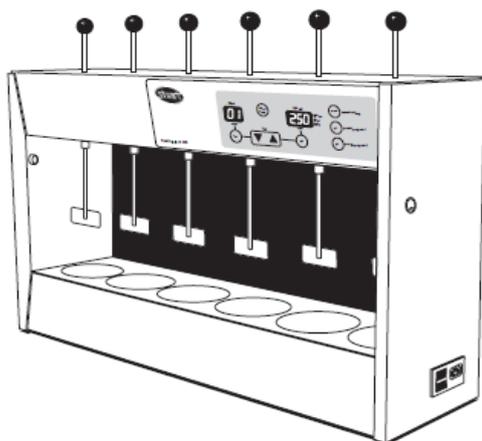
ПОРЯДОК РАБОТЫ НА ФЛОКУЛЯТОРЕ «FLOCCULATOR SW6»

Флокулятор (далее устройство) предназначен для перемешивания жидкости в предварительно выбранных значениях продолжительности и скорости вращения. Диапазон задаваемой продолжительности вращения (время): 1—99 мин. Диапазон скорости вращения: 25—250 об/мин. Устройство имеет 3 программы перемешивания SET/P1/P2.

Режим SET позволяет работать в непрерывном режиме, а также изменять время и скорость перемешивания в процессе работы мешалок. Режимы P1 и P2 позволяют перемешивать в предварительно настроенных параметрах без возможности изменения параметров работы в ходе вращения лопастей.

Для начала работы необходимо поставить выключатель On/Off в положение On. При этом должно загореться табло и лампы.

Чтобы разместить стакан, поднимите лопасть до ее максимальной высоты с помощью ручки лопасти. После того как все образцы будут находиться в требуемом положении, опустите лопасти в стаканы на требуемую глубину.



Выбор скорость / время. Выберите требуемую программу, нажав и удерживая соответствующую кнопку <MAN>/ <P1>/ <P2> в течение 5 секунд. Зеленый индикатор начнет мигать. Для установки нужной скорости

перемешивания, нажмите и удерживайте кнопку <SET> под индикатором скорости перемешивания (speed) и одновременно используйте стрелки <вверх> и <вниз> до установления желаемой скорости. Диапазон скорости вращения: 25—250 об/мин.

Чтобы установить продолжительность перемешивания, нажмите и удерживайте кнопку <SET> под индикатором время (time) и одновременно используйте стрелки <вверх> и <вниз> до установления желаемой продолжительности перемешивания. Время в минутах появляется на цифровом дисплее. Диапазон продолжительности перемешивания: 1—99 мин. Если определенное значение продолжительности перемешивания не требуется, установите 00 на дисплее времени.

Как только правильные скорость и продолжительность перемешивания были установлены, нажмите кнопку <MAN>/ <P1>/ <P2> для подтверждения. Эти настройки сохранятся в памяти.

Для начала работы выберите желаемый режим работы, нажав соответствующую кнопку <MAN>/ <P1>/ <P2>. Нажмите кнопку <START / STOP>. Лопасты начнут вращаться на выбранной скорости. Если время было установлено, таймер начнет обратный отсчет. По окончании заданного времени устройство подаст звуковой сигнал и остановит вращение лопастей. Дисплей таймера начнет мигать и начнется отсчет времени после остановки лопастей. Программа может быть остановлена в любой момент, нажатием <START / STOP>.

Последовательное включение заданных режимов. Устройство позволяет последовательно включать режимы в следующем порядке SET→P1→P2 или P1→P2. Включение в обратном порядке невозможно.

Установите желаемые скорость/время для каждой программы (P1 и P2). Для начала работы выберите желаемый начальный режим, нажав соответствующую кнопку <SET>/<P1>/ <P2>. Нажмите кнопку <START / STOP>. Для запуска следующего режима нажать соответствующую кнопку <P1>/ <P2>. Режим запустится сам. Следующий режим может быть запущен в любой момент.

Приложение 2

ПРИГОТОВЛЕНИЕ ИМИТАТА ЦВЕТНЫХ И МУТНЫХ ВОД

Приборы, посуда, реактивы

1. Весы технические.
2. Колба мерная на 1000 мл.
3. Стакан на 500 мл.
4. Кружка фарфоровая на 500 мл.
5. Ложка-шпатель — 1 шт.
6. Воронка стеклянная или полиэтиленовая.
7. Фильтры «белая лента».
8. Гидроксид натрия, х.ч.
9. Торф или торфяные горшки.
10. Чай черный в пакетиках.
11. Мел в брусках.

Приготовление торфяной вытяжки для имитата цветных вод

Сухой торф насыпают в стакан на 500 мл, на 2/3 высоты, доверху заливают 1 н. раствором NaOH (40 г NaOH довести до 1 л дистиллированной водой) и оставляют при периодическом помешивании на 4—5 ч. Затем туда же для коагуляции илистой фракции вносят около 50 г мелко потолченного сернокислого натрия и энергично перемешивают через каждые 8—10 мин для его растворения. Лучшие результаты дает водная соль $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ по сравнению с безводным Na_2SO_4 . Добавлением сернокислого натрия достигается прозрачность щелочных вытяжек. Через 18—20 ч отстоявшийся прозрачный темноокрашенный щелочной раствор гумусовых веществ отфильтровывают через бумажные фильтры «белая лента».

Торфяную вытяжку добавляют в емкость с водопроводной водой, так чтобы цветность составляла порядка 150° или чтобы оптическая плотность раствора при определении цветности не превышала 1,0 ед.

Для установки оптимального рН (если лабораторная работа на усмотрение преподавателя проводится «без подщелачивания»), имитат цветных вод желательно нейтрализовать добавлением раствора любой кислоты.

Для приготовления имитата можно использовать черный чай из пакетиков. Для этого 2—3 чайных пакетика помещают в фарфоровую кружку, заливают горячей водой из под крана и оставляют на 1 час. Затем фильтруют через фильтр «белая лента» и добавляют к водопроводной воде в емкости для имитата. Для установки оптимального рН добавляют 1 н раствор гидроксида натрия (по каплям).

Приготовление имитата мутных вод

Один или половина брусочка мела растирается в ступке с небольшим количеством дистиллированной воды. Затем суспензия из ступки смывается водой в стакан на 500 мл. Суспензию мела хранят в полиэтиленовой банке и перед употреблением взбалтывают. Для приготовления имитата мутных вод небольшое количество суспензии добавляют в емкость с водопроводной водой и тщательно перемешивают кружкой. При этом надо брать такое количество суспензии, чтобы оптическая плотность полученного имитата не превышала 1,0 ед.